

PRACOWNIA FIZYCZNA DLA UCZNIÓW

CIEPŁO JOULE'A

Prawo Joule'a pozwala nam wyznaczyć ilość ciepła wydzielonego podczas przepływu prądu przez przewodnik. Wydzielone ciepło w jednostce czasu jest proporcjonalne do iloczynu oporu przewodnika i kwadratu natężenia prądu, który przez niego przepływa.

Jeśli między końcami przewodnika istnieje napięcie U wywołujące przepływ prądu elektrycznego o natężeniu I , to w czasie t zostanie wydzielona w postaci ciepła energia W równa iloczynowi ładunku q i wartości napięcia ($W = qU$). Pamiętając, że natężenie prądu elektrycznego to ilość ładunku przepływająca przez przewodnik w jednostce czasu ($I = q/t$), możemy wyrazić wydzieloną energię wzorem $W = UIt$. Dodatkowo, zgodnie z prawem Ohma mówiącym o tym, że napięcie jest wprost proporcjonalne do natężenia prądu, a współczynnikiem proporcjonalności jest opór (R), możemy zapisać:

$$\frac{W}{t} = I^2 R$$

Równanie to stanowi treść **prawa Joule'a**, które mówi, że ilość ciepła wytwarzana w jednostce czasu w przewodniku, przez który płynie prąd elektryczny jest proporcjonalna do iloczynu kwadratu natężenia prądu i oporu przewodnika.

Ciepło jakie zostało wytworzone przez przewodnik, możemy zmierzyć korzystając z faktu, że w układzie izolowanym ciepło nie jest wymieniane z zewnątrz, dlatego ilość ciepła oddanego przez jedno ciało jest równa ciepłu pobranemu przez inne ciała. A dostarczenie ciepła do ciała skutkuje wzrostem jego temperatury:

$$Q = mc(T_k - T_p)$$

gdzie m jest masą ciała, T_k i T_p to odpowiednio temperatura końcowa i początkowa ciała, natomiast c jest ciepłem właściwym.

W przypadku gdy układ składa się z N różnych ciał o takiej samej temperaturze początkowej i końcowej ciepło pobrane przez wszystkie ciała będzie więc równe:

$$Q = (m_1 c_1 + m_2 c_2 + \dots + m_N c_N)(T_k - T_p)$$

Z równości ciepła pobranego i wytworzonego w jednostce czasu otrzymamy zależność:

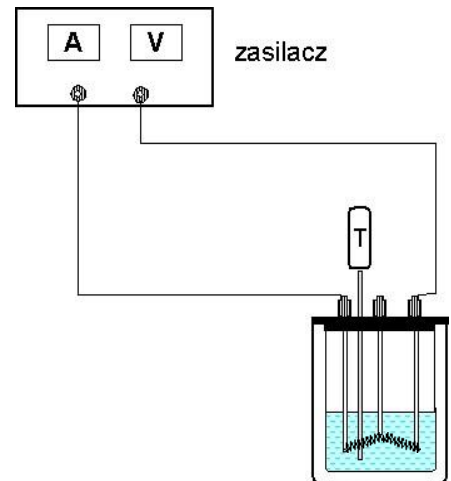
$$\frac{T_k - T_p}{t} = \frac{1}{m_1 c_1 + m_2 c_2 + \dots + m_N c_N} R I^2$$

Aby sprawdzić słuszność prawa Joule'a należy więc pokazać, że

- dla różnych wartości natężenia prądu przez przewodnik o ustalonym oporze przyrost temperatury w jednostce czasu jest proporcjonalny do kwadratu natężenia płynącego prądu;
- dla różnych wartości oporu przewodnika, przez który płynie prąd o ustalonym natężeniu przyrost temperatury w jednostce czasu jest proporcjonalny do oporu przewodnika.

Układ pomiarowy

Aby zapewnić izolację badanego układu od otoczenia będziemy używać kalorymetru. Kalorymetr jest wyposażony w spirale, które możemy łączyć szeregowo lub równoległe, do których podłączony jest zasilacz prądu stałego oraz termometr do pomiaru temperatury znajdującej się w nim wody (rysunek). Zasilacz ma możliwość regulacji napięcia i jest jednocześnie miernikiem napięcia i natężenia prądu.



Do bilansu cieplnego należy uwzględnić, że układ pomiarowy składa się z:

- kalorymetru o masie $m_k = \dots\dots\dots$
i ciepłe właściwym $c_k = 902,5 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$,
- wody o masie $m_w = \dots\dots\dots$ i ciepłe właściwym $c_w = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$,
- spirali o masie $m_s = 35 \text{ g}$ i ciepłe właściwym $c_s = 400 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$.

Badanie zależności od natężenia prądu.

Umieszczamy wewnętrzne naczynie w kalorymetrze i przykrywamy je pokrywą z zamocowanymi spiralami (połączonymi szeregowo) i termometrem. Podłączamy spirale do zasilacza i ustawiamy na nim napięcie. Mierzmy temperaturę początkową wody w kalorymetrze (T_p). Zamykamy obwód elektryczny i jednocześnie uruchamiamy pomiar czasu (t) za pomocą stopera. Na zasilaczu odczytujemy wartości natężenia prądu płynącego w obwodzie (I) oraz spadku napięcia na spiralach (U). Przerywamy przepływ prądu i jednocześnie zatrzymujemy pomiar czasu w chwili gdy temperatura wody wzrośnie o co najmniej 2°C i nie więcej niż 5°C . Mierzmy temperaturę końcową (T_k), jaka ustali się po wymieszaniu. Pomiar wykonujemy dla pięciu różnych wartości napięcia zapisanych w tabeli, wyniki zapisujemy w tabeli poniżej:

t [s]	U [V]	I [A]	I^2 [A ²]	T_p [°C]	T_k [°C]	$\frac{T_k - T_p}{t}$ [°C/s]
	6					
	9					
	12					
	18					
	24					

Otrzymane wyniki przedstaw na wykresie na papierze milimetrowym w postaci zależności przyrostu temperatury w jednostce czasu $\frac{T_k - T_p}{t}$ od kwadratu natężenia płynącego prądu (I^2).

? *Jaką zależność spodziewałeś się otrzymać? Czy uzyskałeś spodziewany wynik? Czy z uzyskanej zależności możesz wyznaczyć opór połączonych spirali? Czy zgadza się on z wartością oczekiwaną?*

Badanie zależności od oporu przewodnika.

W tej części aby zmieniać opór przewodnika (R) spirale podłączymy do zasilacza na trzy sposoby: szeregowo, równoległe oraz tak, żeby prąd płynął tylko przez jedną spiralę. Umieszczamy wewnętrzne naczynie w kalorymetrze i przykrywamy je pokrywą z zamocowanymi spiralami i termometrem. Ustawiamy na zasilaczu napięcie 20 V. Gałką regulacji zasilacza prądu ograniczamy natężenie prądu płynącego w obwodzie do 2,5 A. Mierzymy temperaturę początkową wody w kalorymetrze (T_p). Zamykamy obwód elektryczny i jednocześnie uruchamiamy pomiar czasu (t). Mierzymy natężenie prądu płynącego w obwodzie (I) oraz spadek napięcia na spiralach (U). Przerywamy przepływ prądu i jednocześnie zatrzymujemy pomiar czasu w chwili gdy temperatura wody wzrośnie o co najmniej 2°C i nie więcej niż 5°C . Mierzymy temperaturę (T_k), jaka ustali się po wymieszaniu. Wyniki zapisujemy w tabeli:

t [s]	U [V]	I [A]	R [Ω]	T_p [$^\circ\text{C}$]	T_k [$^\circ\text{C}$]	$\frac{T_k - T_p}{t}$ [$^\circ\text{C}/\text{s}$]

Otrzymane wyniki przedstaw na wykresie na papierze milimetrowym w postaci zależności przyrostu temperatury w jednostce czasu $\frac{T_k - T_p}{t}$ od oporu przewodnika.

? *Jaką zależność spodziewałeś się otrzymać? Czy uzyskałeś spodziewany wynik? Czy z uzyskanej zależności możesz wyznaczyć natężenie płynącego prądu? Czy zgadza się on z wartością oczekiwaną?*